

PAT-NO: JP411043398A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11043398 A

TITLE: SUBSTRATE FOR GROWING GALLIUM
NITRIDE-BASED CRYSTAL AND
USE THEREOF

PUBN-DATE: February 16, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

HIRAMATSU, KAZUMASA

TADATOMO, KAZUYUKI

MIYASHITA, KEIJI

OKAGAWA, HIROAKI

OUCHI, YOICHIRO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

MITSUBISHI CABLE IND LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP09195890

APPL-DATE: July 22, 1997

INT-CL (IPC): C30B029/38, H01L021/20 , H01L021/205 ,
H01L033/00 , H01S003/18

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To produce a substrate for growing a GaN-based crystal capable of efficiently providing a high-quality and thick-film GaN-based crystal substrate without enclosing defects such as dislocation and to provide a method for producing the GaN-based crystal substrate using the substrate.

SOLUTION: A masking layer 2 is partially provided on the surface of a base substrate 1 to form masked regions 12 and unmasked regions 11. The masked regions 12 and the unmasked regions 11 are in a periodically and alternately repeated pattern and at least the repetition of the growing GaN-based crystal in the $\langle 11-20 \rangle$ direction is included. The width of the masked regions 12 in the repetition in the $\langle 11-20 \rangle$ direction is B and the width of the unmasked regions 11 therein is A to satisfy $1 \mu\text{m} \leq B \leq 20 \text{ mm}$ and $\mu\text{m} \leq A+B \leq 25 \text{ mm}$, especially $A \leq B$. Thereby, a base substrate without waste can be utilized and the GaN-based crystal more quickly covers the top surfaces of the masked regions 12.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-43398

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月16日

(51) Int.Cl.*	識別記号	F I	
C 3 0 B 29/38		C 3 0 B 29/38	D
H 0 1 L 21/20		H 0 1 L 21/20	
21/205		21/205	
// H 0 1 L 33/00		33/00	C
H 0 1 S 3/18		H 0 1 S 3/18	
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 8 頁)			

(21) 出願番号 特願平9-195890

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月22日

(71) 出願人 000003263

三菱電線工業株式会社

兵庫県尼崎市東向島西之町8番地

(72) 発明者 平松 和政

三重県四日市市芝田1丁目4番22号

(72) 発明者 只友 一行

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線
工業株式会社伊丹製作所内

(72) 発明者 宮下 啓二

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線
工業株式会社伊丹製作所内

(74) 代理人 弁理士 高島 一

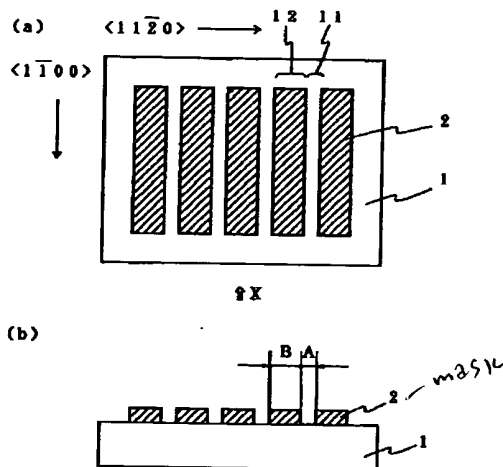
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 GaN系結晶成長用基板およびその用途

(57) 【要約】

【課題】 厚膜で、しかも転位などの欠陥を内包しない高品質なGaN系結晶基板を効率良く得ることができるGaN系結晶成長用基板と、それを用いたGaN系結晶基板の製造方法を提供すること。

【解決手段】 ベース基板1の面上に部分的にマスク層2を設け、マスク領域12と非マスク領域11とを形成する。マスク領域と非マスク領域とは、周期的に交互に繰り返すパターンとし、成長するGaN系結晶の $\langle 11-20 \rangle$ 方向への繰り返しを少なくとも含むものとする。この $\langle 11-20 \rangle$ 方向への繰り返しにおけるマスク領域の幅をBとし非マスク領域の幅をAとし、 $1\mu\text{m} \leq B \leq 20\text{mm}$ 、 $1\mu\text{m} < A+B \leq 25\text{mm}$ 、特に $A \leq B$ とすることで、無駄のないベース基板の利用が可能となり、GaN系結晶はより速くマスク層の上を覆う。



1 ベース基板

2 マスク層

11 非マスク領域

12 マスク領域

A 非マスク領域の幅

B マスク領域の幅

【特許請求の範囲】

【請求項1】 GaN系結晶が成長可能なベース基板面の一部または全部の領域に、マスク領域と非マスク領域とを形成するようにマスク層が設けられ、マスク層はそれ自身の表面からは実質的にGaN系結晶が成長し得ない材料からなり、

マスク領域と非マスク領域とは、周期的に交互に繰り返すパターンとなっており、この周期的な繰り返しは、前記ベース基板上に成長するGaN系結晶の〈11-20〉方向への繰り返しを少なくとも含むものであり、

〈11-20〉方向への繰り返しにおけるマスク領域の幅をBとし非マスク領域の幅をAとすると、 $1\mu\text{m} \leq B \leq 20\text{mm}$ 、 $1\mu\text{m} < A+B \leq 25\text{mm}$ 、であることを特徴とするGaN系結晶成長用基板。

【請求項2】 $A \leq B$ である請求項1記載のGaN系結晶成長用基板。

【請求項3】 マスク領域と非マスク領域とが共に直線的な帯状であって、これら直線的な帯の長手方向が〈11-20〉方向と一致しないように、かつ縞状となるよう交互に形成されて周期的な繰り返しパターンとなっている請求項1記載のGaN系結晶成長用基板。

【請求項4】 マスク領域と非マスク領域の直線的な帯の長手方向が、〈11-20〉方向と直交する方向である請求項3記載のGaN系結晶成長用基板。

【請求項5】 マスク領域と非マスク領域とが、各々、ジグザグを描く帯であって、これらジグザグを描く帯がジグザグの縞状となるよう交互に形成されて周期的な繰り返しパターンとなっている請求項1記載のGaN系結晶成長用基板。

【請求項6】 マスク領域と非マスク領域とが、各々、環状の帯であって、これら環状の帯が同心状となるよう交互に形成されて周期的な繰り返しパターンとなっている請求項1記載のGaN系結晶成長用基板。

【請求項7】 ベース基板が、少なくともその表層が $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ 、 $x+y+z=1$) からなるものである請求項1記載のGaN系結晶成長用基板。

【請求項8】 請求項1~7のいずれかに記載のGaN系結晶成長用基板を用い、該基板上の非マスク領域を出発点としてマスク層上を覆うまでGaN系結晶層を成長させる工程を有することを特徴とするGaN系結晶基板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、GaN系結晶成長用基板と、それを用いたGaN系結晶基板の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 一般的なGaN系半導体結晶（以下、GaN系結晶）の厚膜成長方法としては、サファイア基板

上にZnO等のバッファ層を形成し、その上にヒドライド気相エピタキシャル成長法（以下、HVPE）でGaN系結晶を成長させる方法がある。また、その改良技術として、サファイア基板に代え、スピネル、LGO、LAO、ZnO、SiC等の基板を用いたり、易劈開性の基板を用いたり、或いは基板表面にマスクを設けその上に選択成長させる方法等がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、GaN系結晶が厚膜成長すると、GaN系結晶とサファイア基板との格子定数及び熱膨張係数の違いから界面に多大のストレスが掛かり、GaN系結晶が割れ大型基板が得られないといった問題点があった。また、転位密度が極めて大きい ($1 \times 10^9 \text{ cm}^{-2} \sim 1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$) 基板しか得られないといった問題点があった。ここで転位とは、基板上に半導体層を成長させるときに、格子定数が合致していない（格子不整合）状態で成長させた場合に発生する欠陥であり、これら転位は結晶欠陥であるため非発光再結合中心として働いたり、そこが電流のパスとして働き漏れ電流の原因になるなど、当該GaN系半導体材料を発光素子に用いた場合に発光特性や寿命特性を低下させる原因となる。

【0004】 本発明は、厚膜で、しかも転位などの欠陥を内包しない高品質なGaN系基板を効率良く得ることができるGaN系結晶成長用基板と、それを用いたGaN系基板の製造方法を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明は、以下の特徴を有するものである。

(1) GaN系結晶が成長可能なベース基板面の一部または全部の領域に、マスク領域と非マスク領域とを形成するようにマスク層が設けられ、マスク層はそれ自身の表面からは実質的にGaN系結晶が成長し得ない材料からなり、マスク領域と非マスク領域とは、周期的に交互に繰り返すパターンとなっており、この周期的な繰り返しは、前記ベース基板上に成長するGaN系結晶の〈11-20〉方向への繰り返しを少なくとも含むものであり、〈11-20〉方向への繰り返しにおけるマスク領域の幅をBとし非マスク領域の幅をAとすると、 $1\mu\text{m} \leq B \leq 20\text{mm}$ 、 $1\mu\text{m} < A+B \leq 25\text{mm}$ 、であることを特徴とするGaN系結晶成長用基板。

【0006】 (2) $A \leq B$ である上記(1)記載のGaN系結晶成長用基板。

【0007】 (3) マスク領域と非マスク領域とが共に直線的な帯状であって、これら直線的な帯の長手方向が〈11-20〉方向と一致しないように、かつ縞状となるよう交互に形成されて周期的な繰り返しパターンとなっている上記(1)記載のGaN系結晶成長用基板。

【0008】 (4) マスク領域と非マスク領域の直線的な帯の長手方向が、〈11-20〉方向と直交する方向

である上記(3)記載のGa_N系結晶成長用基板。

【0009】(5)マスク領域と非マスク領域とが、各々、ジグザグを描く帯であって、これジグザグを描く帯がジグザグの縞状となるよう交互に形成されて周期的な繰り返しパターンとなっている上記(1)記載のGa_N系結晶成長用基板。

【0010】(6)マスク領域と非マスク領域とが、各々、環状の帯であって、これら環状の帯が同心状となるよう交互に形成されて周期的な繰り返しパターンとなっている上記(1)記載のGa_N系結晶成長用基板。

【0011】(7)ベース基板が、少なくともその表層が $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$, $x+y+z=1$) からなるものである上記(1)記載のGa_N系結晶成長用基板。

【0012】(8)上記(1)～(7)のいずれかに記載のGa_N系結晶成長用基板を用い、該基板上の非マスク領域を出発点としてマスク層上を覆うまでGa_N系結晶層を成長させる工程を有することを特徴とするGa_N系結晶基板の製造方法。

【0013】

【作用】本明細書では、Ga_N系結晶などの六方格子結晶の格子面を4つのミラー指数(hk₁l₁)によって指定する場合は、記載の便宜上、指数が負のときには、その指数の前にマイナス記号を付けて表記するものとし、この負の指数に関する表記方法以外は、一般的なミラー指数の表記方法に準じる。従って、Ga_N系結晶の場合では、C軸に平行なプリズム面(特異面)は6面あるが、例えば、その1つの面は(1-100)と表記し、6面を等価な面としてまとめる場合には{1-100}と表記する。また、前記{1-100}面に垂直でかつC軸に平行な面を等価的にまとめて{11-20}と表記する。また、(1-100)面に垂直な方向は[1-100]、それと等価な方向の集合を<1-100>とし、(11-20)面に垂直な方向は[11-20]、それと等価な方向の集合を<11-20>と表記する。但し、図面では、指数が負である場合には、その指数の上にマイナス記号を付けて表記し、ミラー指数の表記方法に全て準じる。

【0014】「マスク領域」と「非マスク領域」は、ともにベース基板面(該ベース基板面上にGa_N系結晶の薄膜層が設けられる場合には該薄膜層の上面)中の領域である。マスク層の上面の領域は、マスク領域に等しいものとみなし、同義として説明に用いる。

【0015】本発明者らは、先にGa_N系結晶とサファイア結晶基板との格子定数及び熱膨張係数の違いに起因するGa_N系結晶層のクラック対策として、図4(a)に示すように、ベース基板1上に、格子状にパターンニングしたマスク層2を設け、基板面が露出している領域11だけにGa_N系結晶層30を成長させ、ベース基板面全体に対してチップサイズのGa_N系結晶層30を点在

させることによって、クラックを防止することを提案している(特開平7-273367号公報)。

【0016】その後本発明者らがさらに研究を重ねた結果、点的に成長させたGa_N系結晶層30をさらに成長させると、図4(b)に示すように、厚さ方向だけでなく、各Ga_N系結晶層30からマスク層2上へ向けての横方向へも成長が行われることが確認された。しかも、厚さ方向(C軸方向)と同じ程度の成長速度があり、結晶方位依存性が判明した。

10 【0017】さらに、Ga_N系結晶層30におけるGa_N結晶中に存在する転位は、ベース基板を含む下地から継承するか、何れかの成長界面で発生し、結晶成長と共に成長する特性があるが、図4(b)に示す如く、マスク領域12には発生源となる下地(成長界面)が存在しないので、無転位状態となることを知見した。また、上述の横方向の成長をさらに進めると、図4(c)に示す如く、Ga_N系結晶は、系結晶マスク領域12を完全に覆ってマスク層を埋め込み、非常に欠陥の少ない平坦でクラックの無い大型且つ厚膜のGa_N系結晶層3が得られる事を見いだした。

20 【0018】さらに、本発明者らは、図4(b)に示すように、Ga_N系結晶がマスク層を覆うように横方向へ成長する場合、その成長速度は<11-20>方向への成長が特に早く、逆に<1-100>方向への成長が特に遅いことを見いだした。この知見に基づいて、マスク層形成パターンの好ましい態様について研究した結果、ベース基板面にマスク領域と非マスク領域とを交互に並ぶように周期的な繰り返しパターンとして形成するとき、このマスク領域と非マスク領域の寸法に、より効率よくGa_N系結晶を形成し得る関係があることを見いだした。

30 【0019】即ち、Ga_N系結晶を<11-20>方向へ成長させるに際して、Ga_N系結晶基板として利用するのはマスク領域上に結晶成長した部分であるから、できる限りマスク領域を大きくとるべきであり、非マスク領域は必要以上に大きくとっても無駄である。一方、マスク領域を大きく取り過ぎると成長完了までの時間が長くなり好ましくないことがわかったのである。

40 【0020】これらの点から、マスク領域と非マスク領域との繰り返しパターンは、ベース基板上にGa_N系結晶を成長させたときの該Ga_N系結晶の<11-20>方向への繰り返しパターンを少なくとも含むものとして、この<11-20>方向への繰り返しにおけるマスク領域の幅をBとし非マスク領域の幅をAとすると、 $1\mu\text{m} \leq B \leq 20\text{mm}$ 、 $1\mu\text{m} < A+B \leq 25\text{mm}$ 、となるようにマスク層を形成するのが好ましく、特に、 $A \leq B$ とすることによって、Ga_N系結晶は非マスク領域から最速でマスク領域を覆う方向に成長し、マスク領域の幅に対して、非マスク領域を好ましく最小の幅に維持でき、効率よくGa_N系結晶を形成し得る。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら、本発明の実施の形態につき説明する。図1は本発明のGa₂N系結晶成長用基板の一例を示す断面図であって、図1(a)は、基板面を見たときの図であり、図1(b)は、図1(a)の基板を図中のX方向から見た図である。同図に示すように、ベース基板1の面上に、部分的にマスク層2が設けられることによって、マスク領域12と非マスク領域11とが形成されている。

【0022】同図の例では、各マスク層が直線的な帯状として設けられ縞状に間隔をおいて配置されている。これによって、マスク領域12と非マスク領域11とは共に直線的な帯状となり縞状となるよう交互に形成されて周期的な繰返しパターンとなっている。また、同図の例では、マスク領域と非マスク領域の直線的な帯の長手方向が、成長させるGa₂N系結晶の〈11-20〉方向と直交する方向、即ち、〈1-100〉方向に延びるようマスク層2が形成されている。本発明は、このときのマスク領域の幅(即ち、〈11-20〉方向の幅、帯幅)をBとし非マスク領域の幅(Bと同様、〈11-20〉方向の幅、帯幅)をAとするとき、 $1\mu\text{m} \leq B \leq 20\text{mm}$ 、 $1\mu\text{m} < A+B \leq 25\text{mm}$ 、とするものである。

【0023】ベース基板は、Ga₂N系結晶が成長可能なものであればよく、例えば、従来からGa₂N系結晶を成長させる際に汎用されている、サファイア、水晶、SiC等を用いてもよい。なかでも、サファイアのC面、A面、6H-SiC基板、特にC面サファイア基板が好ましい。またこれら材料の表面に、Ga₂N系結晶との格子定数や熱膨張係数の違いを緩和するためのZnO、MgOやAlN等のバッファ層を設けたものであっても良い。

【0024】特に、ベース基板は、成長させるGa₂N系結晶となるべく格子定数が近く且つ熱膨張係数ができるだけ近いものを選択することが、転位などの欠陥を本来的に少なくする点及びクラック等をより生じにくくする点で望ましい。また、後述するマスク層の薄膜形成の際における高熱やエッチングに対する耐性に優れることが好ましい。このような点から、ベース基板は、少なくともその表層が $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1, x+y+z=1$) からなるものが挙げられる。具体的には、サファイア基板上に、MOVPE法によりZnOやAlN等のバッファ層、及びGa₂N又はGaAlNの薄層を順次成膜したものが好適に用い得る。このようなベース基板であれば、該ベース基板上に成長させるGa₂N系結晶内に新たに発生する転位の密度を低く抑える事が出来、良好な結晶性を得ることができる。

【0025】マスク層は、それ自身の表面からは実質的にGa₂N系結晶が成長し得ない材料を用いる。このよう

な材料としては、例えば非晶質体が例示され、さらにこの非晶質体としてSi、Ti、Ta、Zr等の窒化物や酸化物等が例示される。特に、耐熱性に優れると共に成膜及びエッチング除去が比較的容易なSiO₂膜が好適に使用できる。

【0026】マスク層は、例えば真空蒸着、スパッタ、CVD等の方法により基板全表面を覆うように形成した後、通常的光リソグラフィ技術によって光感光性レジストのパターニングを行い、エッチングによって基板の一部を露出させる等の手段で形成される。

【0027】マスク層の形成パターン、即ち、マスク領域と非マスク領域との繰返しパターンは、上記したように、当該Ga₂N系結晶成長用基板の表面上にGa₂N系結晶を成長させたときの該Ga₂N系結晶の〈11-20〉方向への繰返しを少なくとも含むものであればよい。図1の態様は、マスク領域と非マスク領域とが共に直線的な帯状であって、個々の帯が〈1-100〉方向に延びるように形成されている。これは、〈11-20〉方向への繰返しパターンのうちの好ましい例である。

【0028】マスク領域と非マスク領域との繰返しパターンは、図1の態様と同じ直線的な帯状からなる縞模様であっても、図2(a)に示すように、個々の帯が〈1-100〉方向に対して角度θをなして延びるように形成されたものでもよい。図中、ハッチングを施した部分がマスク層である。この様な場合であっても、図から明らかなように、〈11-20〉方向へも規則正しく繰返しパターンとなっている。このような場合には、図2(a)に示すように、〈11-20〉方向についてのマスク領域の幅をBとし、非マスク領域の幅をAとする。

【0029】図2(a)の態様を変形して、図2(b)に示すように、マスク領域と非マスク領域との繰返しパターンは、ジグザグの縞状であってもよい。この様な場合であっても、図2(a)と同様に、〈11-20〉方向へも規則正しい繰返しが存在し、〈11-20〉方向についてのマスク領域の幅をBとし、非マスク領域の幅をAとする。また、図2(a)の態様に限らず、サインカーブなど、任意の屈曲線を描く帯の繰返しパターンであってもよい。

【0030】またさらに、マスク領域と非マスク領域との繰返しパターンは、図2に示したような直線や開いた曲線の集合だけでなく、図3(a)、(b)に示すように、マスク層が円環状や六角形の環状、その他多角形の環状のように閉鎖した環状の帯として複数形成され、これらが同心状となるよう形成されて周期的な繰返しパターンとなっている態様であってもよい。これらの態様、特に図3(b)の態様では、〈11-20〉方向と等価な6つの向き全てについて、同じ繰返しパターンになっている。またその他、マスク層が渦巻き状に形成

された態様であってもよい。

【0031】これらマスク領域と非マスク領域との繰返しパターンは、常に同一の繰返しである必要はなく、ある特定の関係式に基づいてAとBとの比が変化するものや、AとBとの比は一定のままに、AとBとの粗が、隣のAとBとの粗に対して等比級数的、等差級数的に変化するものでもよい。これらもまた周期的な繰返しである。また、ベース基板面全体を幾つかの領域に分割し、各々の領域に任意のパターンのマスク層を形成してなる複合のパターンであってもよい。

【0032】〈11-20〉方向への繰返しにおけるマスク領域の幅Bと、非マスク領域の幅Aとの関係は、 $1\mu\text{m} \leq B \leq 20\text{mm}$ 、 $1\mu\text{m} < A+B \leq 25\text{mm}$ 、である。マスク領域の幅Bは、Ga_xN系結晶層を成長させた際には、製造目的の無転移Ga_xN系結晶の幅であるから、そのままの利用や裁断しての利用など用途に応じた寸法をこの範囲から選択すればよい。Bの値が20mmを越えるとマスク領域をGa_xN系結晶が覆うのに多大な時間を要するようになる。2μm未満ではマスク層の形成が困難となり、また、A+Bに対するBの割合が相対的に低くなり、得られるGa_xN系結晶の転位密度の低減効果が小さくなる。

【0033】ベース基板上の限られた面積を無駄なく使い、無転移領域をより多く高速に得るには、できるだけ非マスク領域は小さいほうがよく、常に $A \leq B$ とするのが好ましい。また、これらの関係のなかでも、A+Bに対するBの割合を50%~99.998%、特に50%~99.98%とするのが好ましい。A+Bに対するBの割合が99.998%を超えると、Aが小さくなり過ぎて非マスク領域の形成が困難になり、また、Bが大きくなってGa_xN系結晶がマスク領域を覆うのに多大な時間が必要になる。

【0034】本発明のGa_xN系基板の製造方法は、上記説明のGa_xN系結晶成長用基板を用いてGa_xN系結晶を成長させる製造方法である。Ga_xN系結晶の成長は、ベース基板の非マスク領域が出発点となって始まる。成長を続けると、図4(a)に示すように、マスク層同士の間はGa_xN系結晶によって充填され、さらに図4(b)に示すように、Ga_xN系結晶はマスク層の上面よりも高く彫出する。このとき、Ga_xN系結晶は高さ方向(C軸方向)だけでなく、前記彫出部の側面を出発点として横方向へも成長が始まる。やがて隣の非マスク領域を出発点とする成長結晶と合流し、ついには図4(c)に示すように、マスク層2上を完全に覆うと共に厚さ方向への成長が継続して行き、Ga_xN系結晶層が形成される。このGa_xN系結晶層だけを切り出して、またはベース基板と一体のままで、Ga_xN系基板として用いる。

【0035】本発明によるGa_xN系結晶成長用基板上に形成されたGa_xN系結晶層は、図4(c)に示すように、非マスク領域に成長した部分には転位等の欠陥が難

承されることがある。しかし、少なくともマスク層2上(=マスク領域)に成長した部分は、彫出部の側面(転位等の欠陥が存在しない面)を出発点とする横方向成長にて形成されたものであるため、転位等の欠陥が存在しない極めて高品質な結晶である。しかもGa_xN系結晶層とベース基板との直接接触部位は非マスク領域のみであって接触面積は小さく、両者の熱膨張係数の相違の影響をあまり受けないことから、厚肉のGa_xN系結晶層が容易に成長させ得るという利点もある。本発明のGa_xN系結晶成長用基板上にGa_xN系結晶を成長させることによって、より速くより大面積の無転移なGa_xN系結晶を得ることができる。

【0036】Ga_xN系結晶は、式 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$, $x+y+z=1$)で決定される化合物半導体である。特に、厚膜層として有用なものとしてはGa_xNが挙げられる。

【0037】Ga_xN系結晶の成長方法については制限はなく、HVPE、MOVPE、MBEなどが例示できるが、とりわけHVPEは成長速度が非常に大きいという利点があるため好ましい。

【0038】本発明の製造方法によって得られたGa_xN系基板を用い、該基板上にクラッド層と活性層とからなる発光部等及び電極を形成することで、LEDやLD等の発光素子を製造することができる。

【0039】

【実施例】

実施例1

直径2インチ、厚さ330μm、C面サファイア基板上に、MOVPE装置を使って、厚さ20nmのAl_{0.1}Nバッファ層を低温成長させ、続いて1.5μmのGa_xN薄膜を成長させ、ベース基板とした。この基板の表面に、図1に示すような直線状の網模様となるよう、SiO₂薄膜からなるマスク層をスパッタリング法で形成し、本発明によるGa_xN系結晶成長用基板を得た。マスク層は、〈1-100〉方向に延びる帯状として形成し、厚さが0.5μm、帯の幅(=マスク領域の幅B)を100μm、帯間の間隙(=非マスク領域の幅A)を10μmとして、A+Bに対するBの割合を90.9%とした。

【0040】上記で得られたGa_xN系結晶成長用基板をHVPE装置に装填し、50μm/hrの成長速度でGa_xN結晶を4時間成長させたところ、厚さ200μmのGa_xN結晶層を得ることが出来た。マスク領域に成長したGa_xN結晶の転位密度をTEMにて評価したところ、 10^4 cm^{-2} 以下に低減している事が確認された。サファイア基板を研磨にて除去したところ、平坦なGa_xN単結晶基板となった。

【0041】実施例2

マスク領域の幅Bを1μm、非マスク領域の幅Aを1μmとして、A+Bに対するBの割合を50%としたこと

以外は、実施例1と同様にして、本発明によるGa₂N系結晶成長用基板を得た。このGa₂N系結晶成長用基板をHVPE装置に装填し、実施例1と同様のGa₂N成長条件で30分間成長させたところ、25 μ mのGa₂N結晶が成長し、平均の転位密度も1/2に低減していた。マスク領域に成長したGa₂N結晶の転位密度が極端に低減している事を反映している。また、本実施例においては、マスク領域の幅Bを1 μ mとしたが、その加工を通じて、1 μ m未満とすることが困難であることがわかった。また、 $B/(A+B)$ が大きく取れなければ転位密度の低減効果が小さくなり、クラック防止効果が極端に低下する等の問題点が顕在化し、本発明の利点は少なくなる。

【0042】実施例3

マスク領域の幅Bを1mm、非マスク領域の幅Aを1 μ mとして、 $A+B$ に対するBの割合を99.9%としたこと以外は、実施例1と同様にして、本発明によるGa₂N系結晶成長用基板を得た。このGa₂N系結晶成長用基板をHVPE装置に装填し、100 μ m/hrのGa₂N成長条件で6時間成長させたところ、厚さ600 μ mのGa₂N結晶層を得ることが出来た。マスク領域に成長したGa₂N結晶の転位密度をTEMにて評価したところ、 10^4 cm⁻²以下に低減していた。サファイア基板を研磨にて除去したところ、平坦なGa₂N単結晶基板となった。

【0043】実施例4

マスク領域の幅Bを20mm、非マスク領域の幅Aを0.5 μ mとして、 $A+B$ に対するBの割合を99.998%としたこと以外は、実施例1と同様にして、本発明によるGa₂N系結晶成長用基板を得た。このGa₂N系結晶成長用基板をHVPE装置に装填し、100 μ m/hrのGa₂N成長条件で110時間成長させたところ、厚さ11mmのGa₂N結晶層を得ることが出来た。マスク領域の両側からはGa₂N結晶が横方向にマスク層上に完全に覆って成長した。得られたGa₂N結晶の転位密度をTEMで評価したところ、転位密度は 10^3 cm⁻²以下に低減していた。

【0044】サファイア基板を研磨にて除去したところ、バルク結晶とみなすことができる広面積・厚肉の、平坦なGa₂N単結晶基板となったが、表面の凹凸は実施例1〜3に比べて若干大きかった。本実施例から、マスク領域の幅は20mmを上限とすべきであることがわかった。マスク領域の幅をこれより大きく設定すると、成長時間が多大になり、表面モフォロジも低下する傾向が生じる。また、非マスク領域の幅Aを0.5 μ mとした加工を通じて、これを0.5 μ m未満に形成することは困難であることがわかった。従って、 $A+B$ に対するBの割合は、99.998%程度が好ましい範囲の上限である。

【0045】実施例5

マスク領域の幅Bを20mm、非マスク領域の幅Aを5mmとして、 $A+B$ に対するBの割合を80%としたこと以外は、実施例1と同様にして、本発明によるGa₂N系結晶成長用基板を得た。このGa₂N系結晶成長用基板をHVPE装置に装填し、実施例4と同様、100 μ m/hrのGa₂N成長条件で110時間成長させたところ、厚さ11mmのGa₂N結晶層を、マスク層上に完全に覆った状態で得ることが出来た。得られたGa₂N結晶の転位密度をTEMで評価したところ、転位密度は 10^4 cm⁻²以下に低減していた。しかし、Ga₂N結晶層には非マスク領域の部分から多数のクラックが発生してマスク領域の部分にまで達しており、非マスク領域の幅を大きくすることはクラック発生で好ましくなく、Aの値は5mmを上限とすべきであることがわかった。

【0046】比較例

実施例1におけるマスク層の帯の方向を、〈11-20〉方向に延びるように形成したこと以外は、実施例1と全く同様の仕様にて、比較のためのGa₂N系結晶成長用基板を形成した。実施例1と本比較例の両方のGa₂N系結晶成長用基板を用い、同じ成長条件のもとでGa₂N結晶を成長させたところ、マスク層の上面が完全に覆われるまでの所要時間は、実施例1のGa₂N系結晶成長用基板が1時間、本比較例のGa₂N系結晶成長用基板が5時間であった。このことから、本発明によるGa₂N系結晶成長用基板を用いることによって、効率良くより短時間に、マスク層上への結晶成長を完了し得るものであることがわかった。

【0047】

【発明の効果】本発明によるGa₂N系結晶成長用基板を用いてGa₂N系結晶を成長させることによって、厚膜でしかも転位などの欠陥を内包しない高品質なGa₂N系基板を、より無駄なくより短時間に製造することができ

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のGa₂N系結晶成長用基板の一例を示す図である。

【図2】本発明のGa₂N系結晶成長用基板の他の例を示す図である。

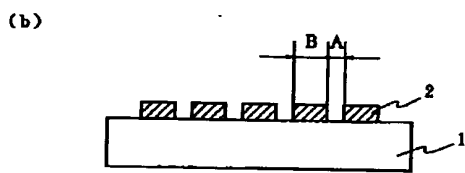
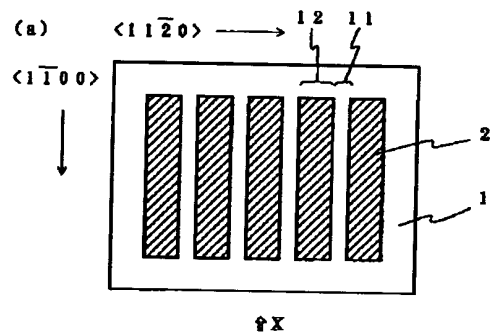
【図3】本発明のGa₂N系結晶成長用基板の他の例を示す図である。

【図4】Ga₂N系結晶層がマスク層上に成長する状態例を示す図である。

【符号の説明】

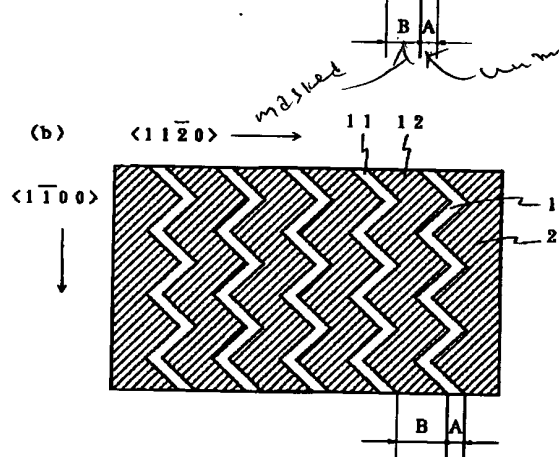
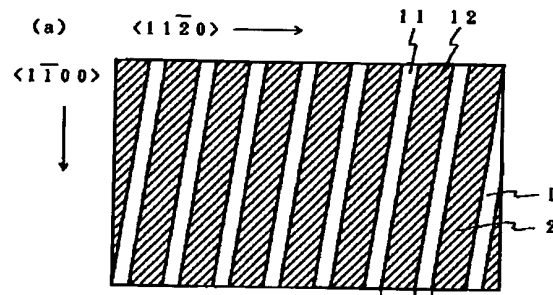
- 1 ベース基板
- 2 マスク層
- 11 非マスク領域
- 12 マスク領域
- A 非マスク領域の幅
- B マスク領域の幅

【図1】

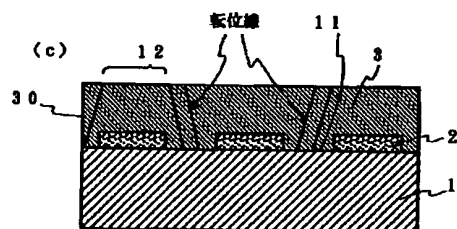
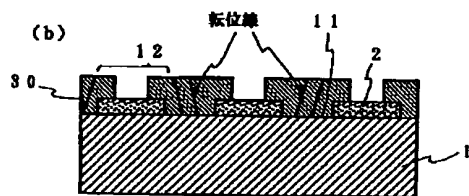
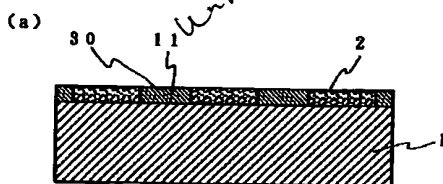


- 1 ベース基板
- 2 マスク層
- 11 非マスク領域
- 12 マスク領域
- A 非マスク領域の幅
- B マスク領域の幅

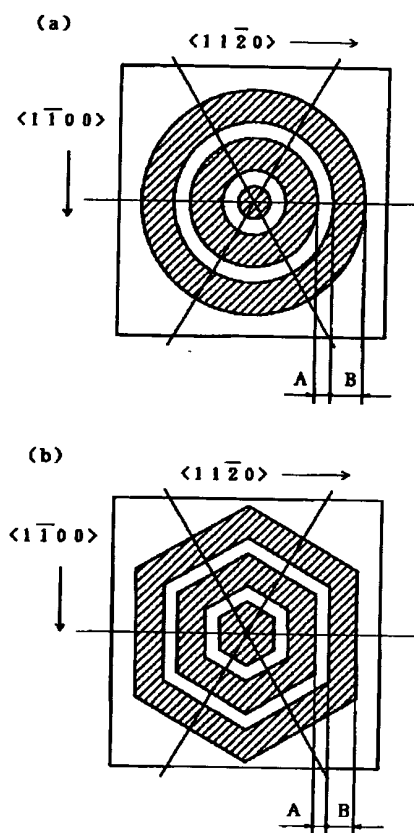
【図2】



【図4】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 岡川 広明

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線
工業株式会社伊丹製作所内

(72)発明者 大内 洋一郎

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線
工業株式会社伊丹製作所内